

**Verfahren und Vorrichtung zum Ausgleich der im Schmelzraum  
und im Kühlwassersystem herrschenden Drücke bei einer  
Sonderschmelzanlage**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ausgleich der im Schmelzraum und im Kühlwassersystem herrschenden Drücke bei einer Sonderschmelzanlage, z. B. bei einer Druck-Elektroschlackenumschmelzanlage (DESU) mit Kupferkokille oder einem Druck-Induktionsofen mit Induktionsspule und Kühlwassersystem, das als geschlossener separater Druckkreislauf ausgebildet ist.

Bei einem bekannten Verfahren und einer Vorrichtung zum Betreiben einer Druck-Elektroschlacke-Umschmelzanlage (DE 37 21 945) geht man so vor, dass der Druck des zur Kühlung verwendeten Wassers so hoch gehalten wird, dass er den Gasdruck innerhalb der Anlage um nicht mehr als 5 bar über- oder unterschreitet. Das Wasser wird in einem geschlossenen Druckwasser-Kreislauf bewegt. Die über die

Kokille an das Kühlwasser abgegebene Wärme wird durch einen Wärmetauscher zur Rückkühlung geleitet. Bei Abfall des Kühlwasserdruckes wird einerseits überschüssiges Wasser und andererseits Gas abgelassen. Zu diesem Zweck wird im Druckwasserkreislauf auf der Gasseite ein Verschlußorgan geöffnet und bei einem vorgegebenen Druck automatisch geschlossen. Die Betätigung des Verschlußorgans erfolgt dabei über den Kolben des Kolbenspeichers, wobei das Verschlußorgan federbelastet und der Schließdruck durch die Federvorspannung einstellbar ist. Zur Kompensation von Kühlwasserverlusten des Kühlwassersystems sind eine Leckwasserpumpe und eine Leckwasserzuleitung vorgesehen, wobei der Kolben des Kolbenspeichers in Mittelstellung gehalten wird.

Ein Nachteil des vorbekannten Verfahrens ist es, daß der Kühlwasserdruck in einem zu großen Bereich gehalten wird und zwar  $\pm 5$  bar.

Ein weiterer Nachteil des vorbekannten Verfahrens ist die begrenzte Möglichkeit, gegen einen Druckanstieg im Kühlwasserraum oder im Schmelzraum zu wirken, was in der Praxis zu gefährlichen Situationen oder sogar Notfällen führen könnte. In der Druckschrift DE 37 21 945 ist nur eine Gegenwirkung im Falle eines Druckabfalls vorgesehen.

Ein weiterer Nachteil der vorbekannten Vorrichtung besteht in der direkten Verbindung zwischen dem Schmelzraum der Anlage und dem druckkompensierenden Kolbenspeicher. Die direkte Verbindung führt erfahrungsgemäß zum Verschmutzen und zur Korrosion des Innenraums des Kolbenspeichers infolge des Übertritts aggressiver Gase und Verschmutzungen aus dem Schmelzraum. Die Verschmutzung führt zur Verschlechterung der Gleiteigenschaften der Innenwand des Kolbenspeichers und der Gleitfläche des Kolbens und der mit diesem verbundenen Kolbenstange. Die Folge hiervon ist eine Verschlechterung der Systemfunktion durch ruckartige Bewegungsabläufe des Kolbens. Der Druck auf den beiden Kokillenwandseiten wird nicht mehr dynamisch ausgeglichen, sondern ändert sich stoßartig,

was auch zu stoßartigen mechanischen Belastungen der Kokillenwand führt. Derartige stoßartige Belastungen gilt es jedoch unbedingt zu vermeiden, da sonst ein Verzug des Kupfertiegels im Schmelzbereich erfolgen kann, insbesondere wenn aufgrund der Arbeitsbedingungen beim Umschmelzen die Temperatur des Schlackebades sehr hoch wird und damit die Innenwandtemperatur des Kupfers auf Werte ansteigt, bei welchen die Streckgrenze des Kupfers nurmehr gering ist. Bei Temperaturen von über 200°C kommt es zu einem unzulässigen Ausbauchen des Kupfertiegels, was schlimmstenfalls zum Hängenbleiben des Blockes in der Kokille führen kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ausgleich der im Schmelzraum und im Kühlwassersystem herrschenden Drücke bei einer Sonderschmelzanlage, z. B. einer Druck-Elektroschlacken-Umschmelzanlage (DESU) mit Kupferkokille oder einem Druck-Induktionsofen mit Induktionsspule und Kühlwassersystem zu schaffen, bei dem der Druckausgleich in einem viel genaueren Bereich stattfindet, beispielsweise bei  $\pm 0,5$  bar und bei dem keine stoßartigen Druckänderungen auf beiden Kokillenwandseiten möglich sind.

Das Verfahren soll auch im Falle eines Druckanstiegs in einem der beiden Räume – Schmelzraum der Anlage und Kühlwasserraum der Kupferkokille oder Innenraum der Induktionsspule – so entgegenwirken, daß die Kupferwand der Kokille oder der Induktionsspule keine unzulässige mechanische Beanspruchung erfahren.

Die Vorrichtung zum Verfahren soll den dynamischen Druckausgleich an den beiden Wandseiten gewährleisten, wobei die Gleiteigenschaften der Innenwand des Kolbenspeichers und der Mantelfläche des Kolbens langfristig erhalten bleiben sollten.

Die Vorrichtung soll darüber hinaus leicht gewartet und instandgesetzt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren g) gelöst, bei dem die Druckdifferenz in einem Bereich von 0 bis  $\pm 0,5$  bar gehalten wird, wobei das Gas vom Schmelzraum der Anlage zuerst in einem Zwischengefäß mit Hydraulikflüssigkeit und erst dann die Hydraulikflüssigkeit zu einem der beiden Räume eines Kolbenspeichers geführt wird, wobei einem Druckabfall oder Druckanstieg eines der beiden Medien entsprechend durch Ablassen von überschüssigem Gas oder durch zusätzliches Nachpumpen von Kühlwasser oder umgekehrt entgegengewirkt wird und die Richtung der Gegenwirkung bei einem Druckabfall oder Druckanstieg von der Höhe und der Geschwindigkeit des Druckabfalls / Druckanstiegs festgelegt wird.

Die Vorrichtung zum Verfahren besteht im wesentlichen aus einem durch einen Kolben in zwei volumenveränderliche Räume unterteilten Kolbenspeicher, bei dem der eine Raum über eine Rohrleitung und Regelarmaturen mit dem Kühlwasserkreislauf der Kokille oder der Induktionsspule verbunden ist. In diesem Kühlwasserkreislauf sind entsprechend ein Wärmeaustauscher, eine oder mehrere Umwälzpumpe/n vorgesehen, sowie eine zusätzliche Hochdruckwassernachfüllpumpe.

Erfindungsgemäß ist der andere Raum des Kolbenspeichers über eine andere Rohrleitung und Regelarmaturen an einen Zwischenbehälter angeschlossen, der seinerseits teilweise mit einer hydraulischen Flüssigkeit gefüllt ist, wobei der Zwischenbehälter über einer weiteren Rohrleitung mit Regel- und Absperrarmaturen mit dem Schmelzraum der DESU oder des Druck-Induktionsofens verbunden ist und ein oder mehrere Druckaufnehmer in jeder der oben erwähnten Rohrleitungen angebracht sind, wobei der Kolbenspeicher entsprechend dem Auslegungsdruck der Anlage als ein Hydraulikzylinder mit durchgehender Kolbenstange oder als ein Pneumatikzylinder mit Magnetkolben ausgeführt sein kann und die Hochdruckwassernachfüllpumpe als eine Dosierpumpe ausgebildet ist.

Die Erfindung läßt die verschiedensten Ausführungsmöglichkeiten zu; eine davon ist in der anhängenden Zeichnung rein schematisch dargestellt.

Eine Druck-Elektroschlacke-Umschmelzanlage besteht im Wesentlichen aus einem Druckgefäß 1, welches aus einem Kühltopf 2 und einer Ofenhaube 3 aufgebaut ist, die ihrerseits durch einen Bajonettverschluß 4 druck- und vakuumdicht verschließbar sind. Der Kühltopf 2 nimmt eine nach unten durch eine Bodenplatte 5 verschlossene Kupferkokille 6 auf, in welcher ein Umschmelzblock 7 durch Abschmelzen der verzehrbaren Elektrode 8 in der Schlacke 9 aufgebaut wird.

Die Ofenhaube 3 verfügt am oberen Ende über eine Druckdurchführung 10, durch welche eine als Hochstromzuleitung dienende Elektrodenstange 11 mit Hochstromanschluß 12 in das Anlageninnere reicht. Die Elektrodenstange 11 ist einerseits über Hochstromkabel 13 mit der Stromquelle 14 verbunden, andererseits über eine Hochstromklemme 15 mit der verzehrbaren Elektrode 8.

Darüber hinaus ist ein durch einen Kolben 16 in zwei volumenveränderliche Räume 17 und 18 unterteilter Kolbenspeicher 19 im Kühlwasserkreislauf 20 der Kupferkokille/Induktionsspule 6 vorgesehen. Im Kühlwasserkreislauf 20 sind entsprechend ein Wärmeaustauscher 24, eine oder mehrere Umwälzpumpe/n 25 vorgesehen, sowie auch eine zusätzliche Hochdruckwassernachfüllpumpe 26. Erfindungsgemäß ist der andere Raum 18 des Kolbenspeichers 19 über der Rohrleitung 27 und den Regelarmaturen 28, 29 mit einem Zwischenbehälter 30 angeschlossen, der seinerseits teilweise mit einer hydraulischen Flüssigkeit 31 gefüllt ist. Der Zwischenbehälter 30 ist über eine weitere Hydraulikleitung 32 mit Regel- und Absperrarmaturen 33, 34 mit dem Schmelzraum 35 der DESU oder des Druck-Induktionsofens verbunden. Jeweils ein oder

mehrere Druckaufnehmer 36 sind in jeder der oben erwähnten Rohrleitungen angebracht. Der Kolbenspeicher 19 kann als ein Hydraulikzylinder mit durchgehender Kolbenstange 37 oder als ein Pneumatikzylinder mit Magnetkolben ausgeführt sein. Positionsschalter 38 sind entsprechend der Kolbenspeicherausführung entweder an einer zusätzlichen Schiene 39 parallel zu der Kolbenstange befestigt, oder direkt an der Wand 40 des Pneumatikzylinders. Die Hochdruckwassernachfüllpumpe 26 ist als eine Dosierpumpe ausgewählt worden.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird nun dadurch erreicht, daß der vom Druck im Schmelzraum 35 und vom Druck im Kühltopf 2 beaufschlagte Kolben 16 des Kolbenspeichers 19 ausschließlich mittels Flüssigkeiten bewegt wird. Das in den Schmelzraum 31 eingeleitete Prozessgas wirkt primär über die Leitung 27 auf das im Zwischenbehälter 30 befindliche Hydrauliköl 31 ein, das seinerseits über die Hydraulikleitung 32 den Druck im Speicherraum 17 entsprechend einstellt. Über zusätzliche Armaturen in den Rohrleitungen des Systems sind andere Funktionen vorgesehen, wie z. B. ein schneller Wechsel der Hydraulikflüssigkeit, das Entlüften des Rohrsystems oder die Erfassung von Drücken.

Die durchgehende Kolbenstange 37 oder der Magnetkolben 16 dient außerdem der Betätigung von Positionsschaltern 38, so daß die extremen Bewegungen des Kolbens 16, insbesondere während der Übergangsprozesse, wie dem Befüllen der Anlage mit Prozessgas, erfaßt und dem Steuerungssystem der Anlage weitergegeben werden.

Da im Schmelzraum 35 ein Gasdruck herrscht, der vom Atmosphärendruck verschieden ist, wird durch die erfindungsgemäße Vorrichtung der Druck des Kühlwassers dem Schmelzkesseldruck angeglichen, wobei gewährleistet ist, daß Kühlwasser und Prozeßgas nicht in direkte Berührung miteinander gelangen.

Der druckübertragende Kolben 16 "schwimmt" zwischen zwei Flüssigkeiten, wodurch die Reibung zwischen Kolben 16 und Innenwand des Kolbenspeichers 19 minimal und gleichbleibend ist. Infolge der minimierten Reibung zwischen Kolben 16 und Zylinderinnenwand arbeitet das System besonders feinfühlig.

Die Lebensdauer der Vorrichtung ist besonders hoch, da keinerlei Korrosion und / oder Verschmutzung in der Ausgleichsvorrichtung zu erwarten ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausgleich der im Schmelzraum und im Kühlwassersystem herrschenden Drücke bei einer Sonderschmelzanlage, z. B. einer Druck-Elektroschlacken-umschmelzanlage (DESU) mit Kupferkokille oder einem Druck-Induktionsofen mit Induktionsspule und Kühlwassersystem, bei dem der Druck des Kühlwassers des Kokillen / Induktionsspulen-Kreislaufes an dem Druck des Prozessgases im Schmelzraum der Anlage angeglichen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckdifferenz in einem Bereich von 0 bis  $\pm 0,5$  bar gehalten wird, wobei das Gas vom Schmelzraum der Anlage zuerst zu einem Zwischengefäß mit Hydraulikflüssigkeit und erst dann die Hydraulikflüssigkeit zu einem der beiden Räume eines Kolbenspeichers geführt wird, wobei einem Druckabfall oder Druckanstieg eines der beiden Medien entsprechend durch Ablassen von überschüssigem Gas oder durch zusätzliches Nachpumpen von Kühlwasser oder umgekehrt entgegengewirkt wird und die Richtung der Gegenwirkung bei einem Druckabfall oder Druckanstieg von der Höhe und der Geschwindigkeit des Druckabfalls / Druckanstiegs festgelegt wird.
2. Vorrichtung zum Ausgleich der im Schmelzraum und im Kühlwassersystem herrschenden Drücke bei einer Sonderschmelzanlage, z. B. einer Druck-Elektroschlacken-umschmelzanlage (DESU) mit Kupferkokille oder einem Druck-Induktionsofen mit Induktionsspule und Kühlwassersystem, bei der ein durch einen Kolben in zwei volumenveränderliche Räume unterteilter Kolbenspeicher im Kühlwasserkreislauf der Kupferkokille / Induktionsspule vorgesehen ist, wobei der eine Raum des Kolbenspeichers über einer Rohrleitung und Regelarmaturen mit dem Kühlwasserkreislauf der Kupferkokille /



Induktionsspule verbunden ist und im Kühlwasserkreislauf entsprechend ein Wärmeaustauscher, eine oder mehrere Umwälzpumpe/n, sowie auch eine zusätzliche Hochdruckwassernachfüllpumpe vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß der andere Raum (18) des Kolbenspeichers (19) über eine andere Rohrleitung (27) und Regelarmaturen (28, 29) an einen Zwischenbehälter (30) angeschlossen ist, der seinerseits teilweise mit einer hydraulischen Flüssigkeit (31) gefüllt ist, wobei der Zwischenbehälter (30) über eine weitere Hydraulikleitung (32) mit Regel- und Absperrarmaturen (33, 34) mit dem Schmelzraum (35) der DESU oder des Druck-Induktionsofens verbunden ist und ein oder mehrere Druckaufnehmer (36) jeweils in jeder der oben erwähnten Rohrleitungen angebracht sind, wobei der Kolbenspeicher (19) entsprechend dem Auslegungsdruck der Anlage als ein Hydraulikzylinder mit durchgehender Kolbenstange (37) oder als ein Pneumatikzylinder mit Magnetkolben und die Hochdruckwassernachfüllpumpe (26) als eine Dosierpumpe ausgeführt sein können.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrleitung (32) zwischen dem Behälter (30) und der Ofenhaube (3) oberhalb des mit Flüssigkeit gefüllten Raumes des Behälters (30) in diesen einmündet und der Kolbenspeicher (19) in einer Ebene unterhalb der Ebene des Behälters (30) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenstange (37) des Kolbenspeichers (19) sich durch beide Stirnwände des Kolbenspeichers hindurch erstreckt und mit Endschaltern (38) zusammenwirkt über die Ventile (28, 29, 33, 34) in den mit dem Behälter (30) verbundenen Rohrleitungen betätigbar sind.

### **Zusammenfassung**

Bei einer Sonderschmelzanlage, insbesondere bei einem Druck-Induktionsofen mit Kupferkokille (6) und Wasserkühlung, bei der das Kühlwasser um die Kokille umschließenden Kühltopf (2) in einem geschlossenen Druckwasserkreislauf bewegt wird, ist eine Vorrichtung zum Ausgleich der im Schmelzraum (35) und im Kühltopf (2) herrschenden Drücke vorgesehen, die aus einem Kolbenspeicher (19) mit durch einen Kolben (16) in zwei volumenveränderliche Räume (17, 18) unterteilbar ist, von denen der eine Raum (17) mit dem Kühlwasserkreislauf korrespondiert und der andere Raum (18) an einen etwa hälftig mit einer Hydraulikflüssigkeit gefüllten Behälter (30) verbunden ist, dessen andere Hälfte über eine Rohrleitung (32) an die unter Gasdruck stehende Ofenhaube (3) angeschlossen ist.

(Einzige) Fig. 1